

大水深防波堤マウンド被覆石の波浪に対する安定実験

○東北工業大学 学生 田口 和弘
東北工業大学 正会員 高橋 敏彦
東北工業大学 正会員 沼田 淳

1. まえがき 近年、防波堤の設置水深が深くなりつつあり、東北地方でも大船渡防波堤や釜石港口防波堤をはじめとして、各地で水深20m以深部に大水深防波堤の建設が進められている。このような大水深防波堤の安全性は、時に マウンドの安定性に大きく左右されることが考えられる。したがって、設計に際し、被覆材の重量を適切に決定する必要がある。本実験は、規則波による被覆石の被害に着目した実験を行って、被覆石の安定性について検討すると共に、谷本らの不規則波による実験結果と比較して、規則波に対する安定限界波高と不規則波の安定限界有義波高との関係を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験施設及び実験方法 実験は全長18.0m、幅1.0m、深さ0.8mの2次元造波水路で行った。水路一端に装備したプランジヤー型造波板の前方1276mの位置に図-1に示すような模型堤体を設置した。被覆石の被害個数は、水路中央50cmの部分を検査域とし、この検査域内で石1個分以上移動した石の個数とした。また、この被害個数を検査域内の被覆石の全個数で割って、被害率D(%)を計算した。実験は、マウンド破壊がケーソンに滑動、傾斜等の影響を及ぼすまで、あるいは波高が20cm程度になるまで逐次波高を大きくして行った。実験条件は表-1に示すとおりである。

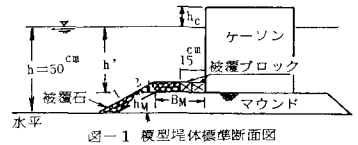


図-1 模型堤体標準断面図

表-1 被覆石の安定実験条件

項目	記号	条 件
マウンド深	h	50 cm
マウンド天端上水深	h'	15.0、30.0、37.5 cm
マウンド幅	B _M	30cm を標準とし、h'=37.5cm、T=2.20 sec. の条件でのみ 20、40 cm の2種を追加
石の重量	W	1.2、1.22、1.25、1.28、1.31 gf の3種
規則波周期	T	1.74、2.20、2.64 sec
規則波波高	H	0.63～28.17 cm
直立部の天端高	h _c	越波を許さない高さとする。

3. 実験結果及び考察

(1) 被害状況 被覆石の被害状況を観察すると、初期被害はマウンドが低い条件では斜面部の石の移動、転落によることもあるが、一般に法肩付近に生じることが多く、マウンドが高くなるにつれて、この傾向が顕著になる。個々の波が作用するとき、法肩付近の石が波の上昇時に上方へ吸い出されるようにして持ち上がり、一度ケーソン側へ移動したのち、波の下降時に法先方向へ運ばれることが多い。移動した石は、天端面と斜面上部の石のみであり、法先の石は移動していない。

(2) 安定限界波高 実験結果から安定数を求めるため、各被覆石の安定限界波高を知る必要がある。本実験では、図-2に示したように横軸に波高、縦軸(対数目盛)に重量をとって示した被害率の分布から、被害率1%を限界状態の目安として安定限界波高を推定した。

(3) B_Mの変化による限界波高の変化 図-3は、図-2から求めた被害率1%相当の安定限界曲線を、B_Mをパラメータとして示した一例である。パラメータの数が少なく断定できないが、今回の実験ではB_Mが大きくなるにつれて、限界曲線が波高の小さいほうへ移行する傾向がみられ、同一重量に対して限界波高が小さくなる結果が得られた。換言すると、波高が同じであれば、肩幅が広いほど大きい重量が必要となることが示されている。ちなみに、波高20cmに対する限界重量から安定数N_sを求めてみると、B_M=30cmのとき3.5、B_M=40cmのとき2.5となる。

(4) h'の変化による安定数N_sの変化 図-4はB_M=30cmとして、マ

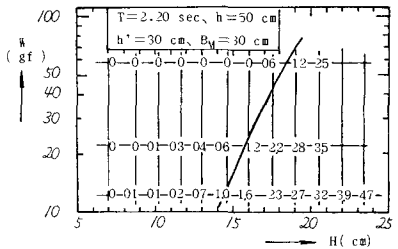


図-2 安定限界曲線の例

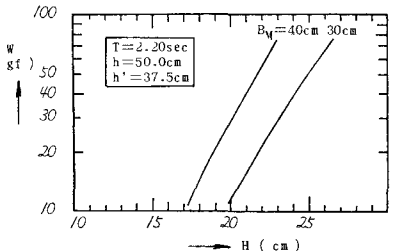


図-3 B_Mによる安定限界曲線の変化

ウインド天端上水深 h' を変化させたときの安定数を縦軸に、 h'/H_c を横軸に示したものである。図中の曲線はパラメータとしてとった h'/h 、 h'/L の値の同じ実験値を結んだものである。安定数は h'/H_c によって変化することが明らかに認められ、 h'/H_c が大きくなるにつれて増大する傾向にある。また、同一の h'/H_c に対しては、 h'/L が大きい程、 N_s の値は小さくなるがその差は h'/h が小さくなるにつれて小さくなるようである。

4 不規則波実験との比較

(1) 安定限界波高の比較 谷本らの研究において、被覆ブロックに対し、不規則波実験による安定限界有義波高($H_{c,irreg}$)と規則波実験による安定限界波高($H_{c,reg}$)との間に次の関係のあることが報告されている。

$$H_{c,reg} = A H_{c,irreg} \quad (\text{但し、} A > 1.0)$$

そこで 本実験に対する A の値を求めるため、次のような方法で $H_{c,reg}$ に対応する $H_{c,irreg}$ を求めた。まず、谷本らが提案している不規則波に対する安定数の算定式

$$N_s = \max\left\{18, 1.5 \frac{(1-K)}{K^{1/2}} \frac{h'}{H_{1/2}}\right\} + 1.8 \exp\left[-1.5 \frac{(1-K)^2}{K^{1/2}} \frac{h'}{H_{1/2}}\right] \quad (1)$$

$\max\{a, b\}$: a または b のうち大きい値

K : 相対水深と相対天端幅の影響と結合したパラメータ

に仮定値として、規則波実験で得られた $H_{c,reg}$ を代入して N_s を求める。次にこの N_s を安定重量算定式

$$W = \frac{r}{N_s^3 (S_r - 1)^3} H_{1/2}^3 \quad (2)$$

に代入して $H_{1/2}$ を求め、この値が仮定値 $H_{c,reg}$ に等しくなるまで計算を繰り返し、仮定値と計算値が等しくなったときの $H_{1/2}$ を $H_{c,irreg}$ とする。図-5は上述の方法で計算した $H_{c,irreg}$ と今回の規則波実験から求めた $H_{c,reg}$ とを図示したものである。同図には、我々の実験条件とほぼ同じ条件で行っている谷本らの不規則波実験と比較したデータも記号を区別して図示してある。図中の直線は、これらのデータを最小2乗法により直線近似したもので次の関係を得ることができた。

$$H_{c,reg} = 1.22 H_{c,irreg}$$

(2) 実験重量に対する計算重量の被害率 図-6は実験ケースごとに計算した不規則波実験に対する被覆石の安定重量 W_c と実験に用いた被覆石の重量 W との比 W/W_c と被害率の関係を図示したものである。 $W/W_c > 1$ では計算上安定、 $W/W_c < 1$ では不安定で被害が生じることになる。結果は $W/W_c = 20$ 付近でも若干の被害が生じているが、本来的に、ばらつきの多いことを考慮すれば、谷本らの安定重量公式は、かなり適切に被覆石の安定重量を表しているということができる。また、 $W/W_c \geq 1$ であれば、被害率は3.0%以下程度となっている。

5 おわりに 本実験は本学学生佐藤啓二氏、藤沢秀史氏と共同で行ったことを明記して、感謝の意を表します。

<参考文献> 谷本勝利、柳生忠彦、村永 努、柴田鋼三、合田良実：不規則波実験による混成堤マウンドの安定性に関する研究：港湾技術研究所報告、第21巻、第3号、PP3-42、1982

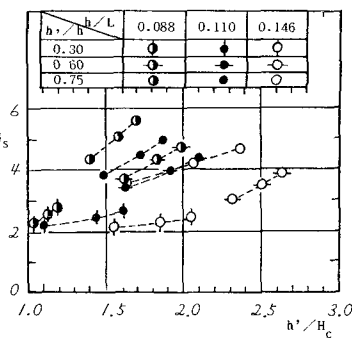


図-4 h'/H_c と N_s の関係

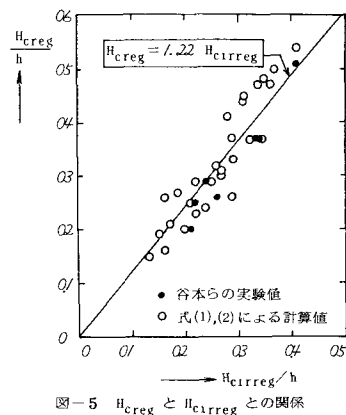


図-5 $H_{c,reg}$ と $H_{c,irreg}$ との関係

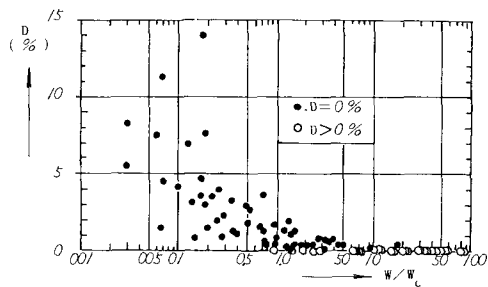


図-6 実験重量と計算重量の比と被害率の関係